

西北地区 8 种耐旱植物营养成分在秦川肉牛瘤胃的降解情况

顾祝荣¹, 咎林森^{1,2,3*}, 赵春平¹, 梅楚刚², 周仁超¹

(1. 西北农林科技大学动物科技学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 国家肉牛改良中心, 陕西 杨凌 712100;
3. 宁夏西海固高端牛产业研究院, 宁夏 海原 755220)

摘要: [目的] 探究 8 种植物 DM、CP、NDF、ADF 的瘤胃降解特性 [方法] 采集了西北地区 8 种耐旱植物(柠条、油蒿、桑叶、苦马豆、千屈菜、香豆子、元宝枫叶、无芒雀麦), 选用 4 头秦川牛肉用新品系瘤胃瘰管牛进行瘤胃降解试验 [结果] 常规营养成分: CP 含量从小到大依次为无芒雀麦、千屈菜、油蒿、元宝枫叶、柠条、香豆子、桑叶、苦马豆 ($P < 0.05$); 元宝枫叶与油蒿 NDF、ADF 含量相近 ($P > 0.05$), 其他植物均存在显著差异 ($P < 0.05$)。瘤胃降解特性: 桑叶与苦马豆的 DM 降解效果显著高于其他 6 种植物 ($P < 0.05$), 无芒雀麦 48 h 的 DM 降解率仅 29.56%, 显著低于其他植物 ($P < 0.05$); CP 的 ED 值从小到大依次为无芒雀麦、元宝枫叶、千屈菜、油蒿、柠条、香豆子、桑叶、苦马豆 ($P < 0.05$); NDF 的 ED 值从小到大依次为无芒雀麦、元宝枫叶、油蒿、千屈菜、柠条、香豆子、苦马豆、桑叶 ($P < 0.05$), ADF 的 ED 值从小到大依次为无芒雀麦、元宝枫叶、油蒿、千屈菜、苦马豆、香豆子、柠条、桑叶, 其中柠条、苦马豆、香豆子和油蒿、元宝枫叶差异不显著 ($P > 0.05$)。 [结论] 桑叶、苦马豆、香豆子具有良好的饲用价值, 可以作为西北地区草食家畜非常规饲草料的优质来源, 柠条、元宝枫叶、油蒿、千屈菜、无芒雀麦可以通过青贮等方法提高饲用价值后用于家畜饲养。

关键词: 西北地区; 非常规饲料; 耐旱植物; 秦川肉牛; 瘤胃降解特性

中图分类号: S816.35

文献标识码: A

文章编号: 1001-9111(2022)03-0020-09

当前我国草食畜牧业饲草供应紧缺, 非常规饲料利用低效, 合理开发利用自然界植物、农业副产物等非常规饲料意义深远^[1]。西北地区气候寒冷干旱水土流失严重, 加之不合理放牧等原因, 草地植被退化严重, 但也有许多植物在这样严峻的环境下依旧能正常生长, 甚至肆意蔓延进一步威胁当地生态^[2], 也有人利用植物耐寒旱的特点进行栽培利用^[3-4]。运用科学的手段尝试对西北地区野外部分长势较好的植物进行营养价值评估, 合理的将其作为草食动物饲养的非常规饲料补充, 可以一定程度上缓解我国西北地区饲草资源不足和人畜争粮等矛盾。而柠条、油蒿、桑叶、苦马豆、千屈菜、香豆子、元宝枫叶、无芒雀麦这 8 种植物在西北干旱、半干旱地区或是在野外有自然分布的群体, 或是广泛用于防风固沙和景观绿化的栽培, 常被用于食用、药用、家

畜饲用等, 开展 8 种耐旱植物在反刍动物中的饲用价值研究, 为其开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物

选用 4 头装有永久性瘤胃瘰管的成年秦川牛肉用新品系(简称“秦川肉牛”), 体重 450 kg 左右, 进行瘤胃降解试验。

1.2 试验材料

采集西北地区 8 种耐旱植物(详见表 1)。将在宁夏和陕西野外采集的 8 种耐旱植物样品自然风干或烘箱烘干后室内回潮, 剪成易粉碎的小段, 用粉碎机(30 000 r/min)粉碎成刚好能过 18 目(1 mm)筛子的粉状样品, 过 18 目筛后的样品用于瘤胃降解试验, 取适量样品继续粉碎, 使其能过 40 目筛, 过 40

收稿日期: 2022-01-15 修回日期: 2022-02-05

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0501700); 国家肉牛牦牛产业技术体系项目(CARS-37); 西北农林科技大学推广专项(TGZX2019-22); 陕西省农业科技创新转化项目(NYKJ-2018-LY09); 宁夏回族自治区重点研发计划 2019BEF02204; 杨凌示范区科技专项

作者简介: 顾祝荣(1997—), 男, 硕士研究生, 主要从事肉牛健康养殖研究。

* 通讯作者: 咎林森(1963—), 男, 教授, 博导, 主要从事肉牛奶牛遗传改良、健康养殖及产业化开发研究。

目筛后的样品用于营养成分分析。

表 1 西北地区 8 种植物样品的采集信息(2020 年)

耐旱植物	取样地点	取样月份 (月)	取样部位
柠条	宁夏海原	6	1—2 年生枝条
油蒿	宁夏海原	8	地上部分全株
桑叶	陕西安康	8	鲜嫩茎叶
苦马豆	宁夏海原	7	地上部分全株
千屈菜	宁夏海原	7	低木质化枝条
香豆子	宁夏海原	6	全株
元宝枫叶	陕西杨凌	8	3—5 年生树叶
无芒雀麦	宁夏海原	7	地上部分全株

1.3 饲养管理

瘦管牛管理参考中国肉牛饲养标准(NY/T 815—2004),每天饲喂 2 次(8:30 和 16:30),日粮粗精比为 6:4,每天饲喂精料 3 kg,粗料 13 kg,粗饲料为全株玉米青贮,精饲料以玉米、小麦麸、豆粕为主进行配制,日粮精料配方(详见表 2)。

表 2.1 试验牛的精料组成(干物质基础)%

项目	比例/%
玉米	54.20
小麦麸	20.00
豆粕	20.00
棉粕	1.50
菜粕	1.20
食盐	0.60
磷酸氢钙	0.70
预混料	1.80
总计	100

表 2.2 精料营养成分

项目	营养成分
增重净能(MJ·kg ⁻¹)	12.06
粗蛋白/(DM%)	17.60
Ca/(DM%)	0.26
P/(DM%)	0.59

注:预混料为每 1 kg 日粮提供 VA 2 304 IU, VD 3 195 IU, VE 22.5 mg, Fe 55 mg, Cu 16 mg, Zn 44 mg, Mn 42 mg, Co 0.11 mg, I 0.28 mg, Se 0.32 mg。

1.4 尼龙袋试验

用 1/10000 天平称取 5.0 g 左右植物样品,无

损转入尼龙袋中(孔径 38 μm,大小 80 mm × 120 mm),尼龙绳扎紧口袋,每个时间点每头牛瘤胃内放 2 个平行样;装好样品的尼龙袋用尼龙绳绑在一根塑料软管上,放入瘤胃腹囊中进行发酵,发酵时间为 0 h,6 h,12 h,24 h,36 h,48 h(0 h 发酵是把装样品的尼龙袋放在 37 ℃ 水浴锅内浸泡 1 h);发酵好的样品取出后先放入冰水中使其停止发酵,再用冷水冲洗至流水澄清;处理好的尼龙袋于 65 ℃ 条件下烘 48 h 以上,烘干后室内回潮 24 h 再称重,过 1 mm 筛,装入自封袋中保存待测。

1.5 植物营养成分测定方法

8 种耐旱植物的干物质(DM)、粗灰分(Ash)、粗脂肪(EE)含量测定参照张丽英^[5];中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)测定采用 Van Soest 法^[6];粗蛋白、P 含量测定参考范丽^[7],采用全自动流动分析仪(AA3—德国 SEAL)测定;Ca 含量测定采用原子吸收法检测(PerkinElmer 900F-PinAAcle),植物样品以 H₂SO₄-HClO₄ 为催化剂用石墨消解仪进行消解。

1.6 瘤胃降解参数计算

以 rskov 和 Mcdonald^[8]提出的指数模型计算 8 种耐旱植物营养成分的瘤胃降解参数:

$$P = a + b[1 - \exp(-ct)] \tag{1}$$

式中:P 为 t 时间点饲料某一营养成分的瘤胃降解率(%);a 为快速降解部分(%);b 为慢速降解部分(%);c 为 b 的降解速率(h⁻¹)。

瘤胃有效降解率(ED):

$$ED = a + [b \times c / (c + k)] \tag{2}$$

式中:k 为待测饲料的瘤胃外流速率常数(h⁻¹),本试验为 0.031^[9]。

1.7 统计分析

试验数据用 Excel 2013 进行归纳整理;采用 SPSS 22.0 中的非线性回归分析计算 8 种耐旱植物营养成分的快速降解部分(a)、慢速降解部分(b)和慢速降解部分的降解速率(c);采用 SPSS 22.0 进行单因素方差分析,以 Duncan's 法进行多重比较,P < 0.05 为差异显著。结果以“平均值 ± 标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 西北地区 8 种耐旱植物常规营养成分分析

由表 3 可知,西北地区 8 种耐旱植物的 DM 含量在 89.56% ~ 93.62% 之间,从小到大依次为香豆子、柠条、苦马豆、油蒿、千屈菜、桑叶、无芒雀麦、元宝枫叶,柠条与苦马豆、油蒿与千屈菜之间差异不显

著($P>0.05$),其他各植物 DM 含量均差异显著($P<0.05$)。

西北地区 8 种耐旱植物 CP 含量从 6.69% ~ 15.68% 不等,差异较大($P<0.05$),CP 含量从小到大依次为无芒雀麦、千屈菜、油蒿、元宝枫叶、柠条、香豆子、桑叶、苦马豆。西北地区 8 种耐旱植物 EE 含量从小到大的顺序为香豆子、无芒雀麦、柠条、苦马豆、桑叶、油蒿、元宝枫叶、千屈菜,柠条与苦马豆、元宝枫叶与千屈菜之间差异不显著($P>0.05$),其他各植物 EE 含量均差异显著($P<0.05$)。

8 种耐旱植物 Ash 含量柠条与元宝枫叶、千屈菜与无芒雀麦之间差异不显著($P>0.05$),其他各植物 EE 含量均差异显著($P<0.05$),从小到大的依次为千屈菜、无芒雀麦、柠条、元宝枫叶、油蒿、苦马豆、香豆子、桑叶。

西北地区 8 种耐旱植物 NDF 含量除元宝枫叶与油蒿相近,其他均存在显著差异($P<0.05$),从小到大的顺序为桑叶、苦马豆、香豆子、柠条、元宝枫、油蒿、千屈菜、无芒雀麦。

8 种耐旱植物 ADF 含量除元宝枫叶与油蒿相近,其他均存在显著差异($P<0.05$),从小到大的顺序为苦马豆、桑叶、香豆子、柠条、油蒿、元宝枫、无芒雀麦、千屈菜。8 种耐旱植物 Ca 含量在 0.21% ~ 3.24% 范围,变化差异较大,其中桑叶显著高于($P<0.05$)香豆子显著高于元宝枫叶、柠条、苦马豆显著高于油蒿显著高于千屈菜显著高于无芒雀麦;8 种耐旱植物 P 含量在 0.03% ~ 0.24%,差异较大,其中无芒雀麦与千屈菜显著低于($P<0.05$)桑叶、柠条、油蒿显著低于香豆子、苦马豆显著低于苦马豆与元宝枫叶。

表 3 西北地区 8 种耐旱植物的常规营养成分含量(干物质基础)

%

耐旱植物	干物质	粗蛋白	粗脂肪	粗灰分	中性洗涤纤维	酸性洗涤纤维	Ca	P
柠条	91.70 ± 0.018 ^e	13.13 ± 0.434 ^e	3.00 ± 0.065 ^d	6.73 ± 0.006 ^e	40.17 ± 0.587 ^d	27.46 ± 0.774 ^d	1.01 ± 0.017 ^c	0.15 ± 0.014 ^c
油蒿	92.15 ± 0.178 ^d	11.71 ± 0.036 ^d	3.89 ± 0.077 ^b	7.47 ± 0.019 ^d	47.02 ± 1.087 ^c	34.60 ± 1.186 ^c	0.72 ± 0.034 ^d	0.16 ± 0.007 ^c
桑叶	92.42 ± 0.050 ^c	14.16 ± 0.120 ^b	3.53 ± 0.026 ^e	18.23 ± 0.68 ^a	24.55 ± 1.144 ^g	20.09 ± 0.434 ^f	3.24 ± 0.031 ^a	0.14 ± 0.010 ^c
苦马豆	91.78 ± 0.035 ^b	15.68 ± 0.380 ^f	3.02 ± 0.043 ^d	8.01 ± 0.007 ^c	26.65 ± 1.186 ^f	17.71 ± 0.944 ^g	0.98 ± 0.010 ^c	0.23 ± 0.014 ^{ab}
千屈菜	92.31 ± 0.034 ^{cd}	10.24 ± 0.069 ^e	4.29 ± 0.026 ^a	5.94 ± 0.032 ^f	51.82 ± 0.363 ^b	39.33 ± 0.545 ^a	0.48 ± 0.021 ^e	0.03 ± 0.002 ^d
香豆子	89.56 ± 0.099 ^f	13.83 ± 0.069 ^b	1.83 ± 0.130 ^f	14.37 ± 0.08 ^b	31.57 ± 1.132 ^e	23.26 ± 0.366 ^e	1.43 ± 0.035 ^b	0.22 ± 0.015 ^b
元宝枫叶	93.62 ± 0.035 ^a	12.88 ± 0.739 ^e	4.28 ± 0.029 ^a	6.88 ± 0.018 ^e	46.41 ± 0.815 ^c	35.13 ± 0.934 ^c	1.01 ± 0.049 ^c	0.24 ± 0.019 ^a
无芒雀麦	93.23 ± 0.307 ^b	6.69 ± 0.066 ^a	2.14 ± 0.045 ^e	6.06 ± 0.006 ^f	61.48 ± 0.974 ^a	37.50 ± 0.533 ^b	0.21 ± 0.006 ^f	0.04 ± 0.001 ^d

注:同列数据肩标小写字母不同为差异显著($P<0.05$),相同为差异不显著($P>0.05$)。下同。

2.2 西北地区 8 种耐旱植物瘤胃降解特性

2.2.1 干物质的瘤胃降解特性 由表 4 可知,随着发酵时间的延长,8 种耐旱植物的 DM 逐渐被降解,且降解程度根据植物的营养成分不同差异较大。桑叶 DM 降解率在各个时间点的降解率都最高,48 h 高达 78.48%,显著高于其他植物($P<0.05$);无芒雀麦 DM 降解率显著低于其他植物($P<0.05$),48 h 仅降解了 29.56%;油蒿、千屈菜、元宝枫叶在 48 h

时的 DM 降解情况差异不显著($P>0.05$),在其他各时间点的降解率也相近;8 种植物 48 h 的 DM 降解从小到大依次为无芒雀麦、元宝枫、千屈菜、油蒿、柠条、香豆子、苦马豆、桑叶,从各个时间点的降解情况来看,桑叶与苦马豆的降解效果好,在 70% 以上,香豆子、柠条降解率次之,达到 64.83% 和 56.18%。从瘤胃动态降解参数看,八种耐旱植物中 a 值较高的是桑叶和苦马豆,显著高于其他植物($P<0.05$),

表5 西北地区8种耐旱植物的CP瘤胃降解率及降解参数

耐旱植物	取样时间					瘤胃动态降解模型参数				
	6 h	12 h	24 h	36 h	48 h	a/%	b/%	C/ (% · h ⁻¹)	(a + b) /%	ED /%
柠条	26.34 ± 0.61 ^d	37.80 ± 0.47 ^c	55.73 ± 0.24 ^c	64.96 ± 1.26 ^c	71.76 ± 0.58 ^c	10.60 ± 1.23 ^{cd}	70.58 ± 1.40 ^b	0.042 ± 0.002 ^b	81.18 ± 1.86 ^b	51.06 ± 0.84 ^d
	20.88 ± 0.16 ^e	28.74 ± 0.26 ^d	37.93 ± 1.09 ^d	45.98 ± 0.72 ^d	50.57 ± 0.87 ^d	12.77 ± 1.58 ^c	49.43 ± 4.12 ^c	0.032 ± 0.008 ^{cd}	62.20 ± 5.70 ^c	37.44 ± 0.63 ^e
油蒿	34.29 ± 1.04 ^b	46.24 ± 1.71 ^a	64.46 ± 1.22 ^a	76.14 ± 1.13 ^a	82.50 ± 1.14 ^a	18.21 ± 1.31 ^b	76.63 ± 1.27 ^a	0.039 ± 0.003 ^{bc}	94.84 ± 0.85 ^a	60.75 ± 0.56 ^b
	35.92 ± 0.28 ^a	46.32 ± 0.46 ^a	60.74 ± 1.52 ^b	72.06 ± 0.38 ^b	77.55 ± 0.73 ^b	24.06 ± 2.68 ^a	68.08 ± 0.72 ^b	0.050 ± 0.006 ^a	92.13 ± 2.68 ^a	65.80 ± 0.78 ^a
桑叶	17.84 ± 0.53 ^f	25.96 ± 0.41 ^e	37.81 ± 0.17 ^d	44.59 ± 1.09 ^d	51.63 ± 0.86 ^d	8.98 ± 1.29 ^{cd}	51.93 ± 6.49 ^c	0.033 ± 0.004 ^{cd}	60.91 ± 5.98 ^c	35.47 ± 1.52 ^f
	31.73 ± 1.25 ^c	41.71 ± 1.18 ^b	58.96 ± 0.33 ^b	70.90 ± 0.16 ^b	77.77 ± 0.25 ^b	18.10 ± 2.42 ^b	77.22 ± 1.42 ^a	0.032 ± 0.002 ^{cd}	95.32 ± 2.39 ^a	56.97 ± 0.89 ^c
香豆子	16.56 ± 0.40 ^g	22.56 ± 0.89 ^f	35.35 ± 2.06 ^e	42.89 ± 1.17 ^e	48.25 ± 1.39 ^e	7.28 ± 2.21 ^{ef}	55.19 ± 3.64 ^c	0.029 ± 0.006 ^d	62.47 ± 4.34 ^c	33.83 ± 0.74 ^g
	12.50 ± 0.55 ^h	18.97 ± 0.54 ^g	29.54 ± 0.61 ^f	33.88 ± 1.44 ^f	41.70 ± 0.94 ^f	5.78 ± 0.31 ^f	50.92 ± 4.99 ^c	0.025 ± 0.004 ^d	56.70 ± 5.16 ^c	28.40 ± 0.79 ^h

表6 西北地区8种耐旱植物的NDF瘤胃降解率及降解参数

[illegible]

表 7 西北地区 8 种耐旱植物的 NDF 瘤胃降解率及降解参数

耐旱植物	取样时间					瘤胃动态降解模型参数				
	6 h	12 h	24 h	36 h	48 h	a/%	b/%	C/ (% · h ⁻¹)	(a + b) /%	ED /%
柠条	16.19 ± 0.82 ^c	22.15 ± 0.30 ^b	31.14 ± 0.08 ^b	36.05 ± 1.05 ^c	40.79 ± 1.49 ^c	9.37 ± 1.52 ^c	38.04 ± 2.14 ^d	0.035 ± 0.007 ^a	47.41 ± 3.65 ^c	29.27 ± 0.88 ^b
	10.29 ± 0.58 ^f	15.31 ± 0.70 ^f	22.94 ± 0.62 ^f	29.88 ± 0.58 ^f	34.25 ± 0.81 ^f	4.66 ± 0.37 ^e	46.69 ± 1.30 ^b	0.021 ± 0.000 ^d	51.35 ± 1.02 ^b	23.52 ± 0.30 ^d
油蒿	30.38 ± 0.43 ^a	44.26 ± 0.89 ^a	56.06 ± 0.31 ^a	68.14 ± 0.66 ^a	74.54 ± 0.70 ^b	18.80 ± 0.71 ^a	68.28 ± 1.28 ^a	0.035 ± 0.001 ^a	87.08 ± 1.00 ^a	55.00 ± 0.46 ^a
	16.96 ± 0.15 ^b	22.14 ± 0.25 ^b	30.02 ± 0.37 ^c	34.14 ± 0.43 ^d	39.13 ± 0.73 ^d	11.31 ± 0.22 ^b	36.77 ± 2.20 ^d	0.029 ± 0.002 ^c	48.08 ± 2.10 ^c	28.88 ± 0.32 ^b
桑叶	11.01 ± 0.36 ^e	17.07 ± 0.22 ^d	26.03 ± 0.42 ^d	31.78 ± 0.35 ^e	36.58 ± 0.59 ^e	4.07 ± 0.65 ^e	42.19 ± 1.01 ^c	0.030 ± 0.001 ^{abc}	46.26 ± 1.16 ^c	24.93 ± 0.49 ^c
	14.02 ± 0.18 ^d	19.24 ± 0.32 ^c	30.50 ± 0.52 ^c	37.64 ± 0.33 ^b	41.94 ± 0.31 ^c	5.71 ± 0.30 ^d	48.21 ± 0.81 ^b	0.030 ± 0.001 ^{bc}	53.92 ± 1.05 ^b	29.20 ± 0.16 ^b
香豆子	9.51 ± 0.13 ^g	16.08 ± 0.17 ^e	24.13 ± 0.16 ^e	30.34 ± 0.34 ^f	34.16 ± 0.64 ^f	2.39 ± 0.37 ^f	39.38 ± 1.87 ^d	0.034 ± 0.003 ^{ab}	41.77 ± 2.06 ^d	23.00 ± 0.31 ^d
	7.13 ± 0.16 ^h	11.04 ± 0.13 ^g	17.11 ± 0.25 ^g	22.05 ± 0.24 ^g	25.11 ± 0.28 ^g	2.54 ± 0.42 ^f	32.27 ± 2.36 ^e	0.026 ± 0.004 ^{cd}	34.81 ± 2.76 ^e	16.96 ± 0.18 ^e
无芒雀麦										

3 讨论

3.1 西北地区 8 种耐旱植物的营养成分分析

植物的营养成分组成与其品种、采样时间、部位、运输保存方式等多种因素有关,本试验在宁夏海原、陕西杨凌、陕西安康三地采集了 8 种耐旱植物,经过检测,8 种耐旱植物的营养成分组成差异较大。其中柠条的 CP、EE、Ash、Ca、P 含量与李占丽等^[10]、李浩霞等^[11]报道的基本一致,但是 NDF、ADF 含量偏低了 10% 左右,主要原因可能是本试验采集的柠条样品为 1~2 年生枝条,而大部分研究采集的是多年生柠条地上部分全株样品;油蒿营养成分含量与张继等^[12]报道的相差较大,但与刘瑞香等^[13]研究结果基本一致;桑叶的 NDF、ADF、EE、Ash、Ca 含量与 He 等^[14]、王宁伟等^[15]报道的基本一致,但是 CP 含量少 5%~7% 左右,但与崔梦迪等^[16]对陕西 4 个桑叶品种检测结果中小叶桑的 CP 含量基本一致;苦马豆的营养成分与于婷等^[17]报道的基本一致,EE 含量高于于婷等报道,关于苦马豆 NDF、ADF 的研究结果还未见报道,本试验苦马豆 NDF、ADF 的检测结果为 26.65%、17.71%;千屈菜的研究多集中于其栽培繁殖等方面,其化学成分研究较少,关于

其常规营养成分的报道未有发现,本试验测得千屈菜的营养成分为 CP: 10.24%, EE: 4.29%, Ash: 5.94%, NDF: 51.82%, ADF: 39.33%, Ca: 0.48%, P: 0.03%;关于香豆子全株的营养成分,洪汝兴等^[18]检测香豆子风干样的 CP 含量为 19.5%,徐又新等^[19]对香豆子种子提胶后的副产物香豆粉进行营养成分测得 CP 和 EE 含量高达 32.5%、8.61%,极具营养价值,本试验测得的香豆子全株风干样营养成分为 CP: 13.83%, EE: 1.83%, Ash: 14.37%, NDF: 31.57%, ADF: 23.26%, Ca: 1.43%, P: 0.22%,与文献报道结果有一定差异;关于元宝枫的文献研究主要是关于元宝枫籽油及其提取物,对元宝枫叶营养成分的报道较少,本试验测得的 CP: 12.88%, EE: 4.28%, Ash: 6.88%, NDF: 46.41%, ADF: 35.13%, Ca: 1.01%, P: 0.24%,与张旭晖等^[20]报道的元宝枫叶 CP 含量一致,EE 含量高于张旭晖的结果;无芒雀麦的营养成分与黄薇等^[21]研究报道相差较大,与畅宝花等^[22]的研究结果基本一致,且与王吉东等^[23]报道的燕麦干草营养成分组成相似。本试验的部分耐旱植物营养成分检测结果与许多研究报道有一定差距,CP、NDF、ADF 含量低于文献报道,尤其是柠条和桑叶,这可能是植物品种、采样部

位、检测方法以及操作差异性等多种原因导致。

无芒雀麦被称为禾草饲料之王,是北方重要的优质牧草来源,本试验的8种耐旱植物营养成分结果表明,无芒雀麦在8种植物中CP含量最低,NDF、ADF含量最高,营养价值与其他7种植物相比相对最低,而畅宝花等^[22]对煤矿沉陷区的不同禾本科牧草饲用价值比较发现,无芒雀麦产量大且饲用价值最优,由此可知,本试验的8种耐旱植物应用于西北地区草食家畜非常规饲草资源的潜力非常巨大,尤其是柠条、苦马豆、香豆子、桑叶,可以作为重要的蛋白质来源补充。

3.2 西北地区8种耐旱植物的瘤胃降解特性

反刍动物更易采食DM降解率高的饲料,这进一步促进了反刍动物对营养物质的摄入,提高了生产性能^[24-25]。王吉东等^[23]测得全株玉米青贮48 h的DM瘤胃降解率为56.67%,ED值46.78%,王敬林等^[26]测得燕麦干草的48 h的DM降解率为49.36%,ED值34.77%,在生产中全株玉米青贮是牛的重要青贮饲料来源,燕麦干草是牛的重要粗饲料来源。本试验桑叶的ED值与王宁伟等^[15]结果一致,而各时间点的瘤胃降解率偏低,桑叶、苦马豆、香豆子瘤胃降解效果优于全株玉米青贮,柠条与全株玉米青贮降解率相当,元宝枫、千屈菜、油蒿DM降解率略低于燕麦干草,而无芒雀麦的营养物质与燕麦干草相似,但DM降解率远低于燕麦干草,这可能是无芒雀麦中的木质素比例较高影响其瘤胃利用效果,也与本试验增加了瘤胃0 h降解率,减去了饲料逃逸部分有关。

饲草中的CP是瘤胃菌群维持正常功能、产生MCP供机体利用的主要氮源和重要营养物质。饲草中CP的瘤胃降解效果与CP的含量、组成、瘤胃滞留时间及试验对象等有关^[27],本试验的桑叶CP降解率与ED值略低于王宁伟等^[15]研究结果,这与本研究采集的桑叶CP含量偏低有关,柠条的CP降解率与黄帅等^[28]研究结果接近。宋钰^[29]测得全株玉米青贮48 h的CP瘤胃降解率为69.46%,ED值56.38%,本试验8种耐旱植物中桑叶、苦马豆、香豆子瘤胃CP降解效果优于全株玉米青贮,柠条接近全株玉米青贮,油蒿、元宝枫叶、千屈菜的ED值比全株玉米青贮低20%左右,这可能是玉米通过青贮改善了CP质量,提高了被瘤胃利用的效率,因为纤维素是植物细胞壁的主要构成,而不同纤维素结构对蛋白质分解和释放的影响就不同,通过青贮则可以降解部分纤维素,释放植物CP利用潜力。CP瘤

胃降解参数中a值和b值越大,其ED值越大,ED值排名前三的分别是苦马豆、桑叶、香豆子;柠条的a值偏小但b值较大,其ED值也较高;可见8种耐旱植物在瘤胃内降解的越快,最终降解率越高,反刍动物对其有效利用率就越好。

反刍动物瘤胃是一个巨大的发酵场所,可以将纤维类物质进行发酵,产生的挥发性脂肪酸(VFA)是机体的重要供能物质,所以纤维物质对维持瘤胃功能意义重大,其中NDF由纤维素、半纤维素、木质素组成,ADF由纤维素、木质素组成,影响植物纤维瘤胃降解率的因素主要与NDF、ADF含量及木质化程度有关^[30]。本试验8种耐旱植物中无芒雀麦纤维含量与王吉东等^[23]报道的燕麦干草一致,千屈菜、油蒿、元宝枫叶纤维含量与报道的全株玉米青贮相近,柠条的NDF含量比全株玉米青贮低10%左右,可以作为反刍动物良好的纤维饲料来源。本研究桑叶NDF降解率与王宁伟等^[15]研究结果一致,在8种耐旱植物中最高,苦马豆次于桑叶,桑叶与苦马豆6 h的NDF降解率相近,桑叶随着瘤胃滞留时间的延长NDF降解率提升较快,桑叶的ADF降解率也最好,但是苦马豆ADF降解率显著低于桑叶、香豆子($P < 0.05$),ED值仅桑叶的一半左右,而桑叶的NDF、ADF含量相差不大,这应该是苦马豆较高的木质素含量影响了利用效率。刘笑梅等^[31]研究结果表明,饲料NDF、ADF含量越低,瘤胃的降解效果越高,本试验的8种耐旱植物NDF、ADF含量与瘤胃降解率的关系基本与刘笑梅等人的结果一致。宋钰^[29]测得玉米青贮NDF的ED值为40.43%,ADF的ED值为37.92%,本试验桑叶、苦马豆的NDF瘤胃利用率优于玉米青贮,香豆子ED值与玉米青贮一致,柠条ED值略低于玉米青贮;桑叶ADF的ED值高于玉米青贮,无芒雀麦仅16.96%,其他植物ADF的ED值在23.00%~29.27%之间。

饲料营养物质在瘤胃中的降解效果是评价其营养价值的重要指标^[32],本试验结果显示,桑叶、苦马豆、香豆子的瘤胃降解效果较好,营养价值较高,而柠条降解效果与玉米青贮相似,油蒿、千屈菜、元宝枫叶略差,无芒雀麦被誉为“禾草饲料之王”,与燕麦干草营养成分含量相似,但是其瘤胃利用效果极差。本试验野外采集的样品木质化程度较高可能是导致这些植物在肉牛瘤胃内降解较差的原因之一,可以通过青贮、氨化等方法进一步处理,提高其营养价值。

苦马豆具有一定的毒性,长期大量食用苦马豆会引起家畜中毒甚至死亡^[33],本研究结果表明苦马豆具有较高的营养价值,可以作为干旱地区草食家畜优质的非常规饲料来源,但是在使用时建议少量饲喂、间隔饲喂或者通过氨化、青贮等手段减少苦马豆生物碱含量再进行利用。

4 结论

西北地区8种耐旱植物的营养成分、瘤胃降解特性差异较大,其中桑叶、苦马豆、香豆子、柠条营养价值较佳,桑叶、苦马豆、香豆子营养物质瘤胃降解效果较好,柠条瘤胃利用效果略差。综上,桑叶、苦马豆、香豆子具有良好的饲用价值,可以作为西北地区草食家畜非常规饲料资源;柠条、元宝枫叶、油蒿、千屈菜、无芒雀麦可以通过青贮等方法提高饲用价值后用于家畜饲养。

参考文献:

- [1] 陈鑫珠,刘景,陈炳钿,等.非常规饲料资源的开发利用成效分析与对策[J].中国草食动物科学,2020,40(1):56-60.
- [2] 张蕾,金靖,王嫚,等.醉马草活性成分苦马豆素抗肿瘤作用研究概况[J].中国民族民间医药,2017,26(17):25-27.
- [3] 李彬彬.干旱、半干旱地区元宝枫直播造林技术[J].林业科技通讯,2021(7):70-71.
- [4] 张辉辉,师尚礼,武蓓,等.苜蓿与3种多年生禾草混播效应研究[J].草业学报,2022,31(2):159-170.
- [5] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].2版.北京:中国农业大学出版社,2007.
- [6] VAN SOEST P J, ROBERTSON J B, LEWIS B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition[J]. Journal of Dairy Science, 1991, 74(10):3583-3597.
- [7] 范丽,刘红兵,陈斌,等. AA3连续流动分析仪氮磷联测方法研究[J].四川农业与农机,2018(3):32-35.
- [8] ØRSKOV E R, MCDONALD I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage[J]. The Journal of Agricultural Science, 1979, 92(2):499-503.
- [9] 于胜晨,曹水清,任有蛇,等.肉羊常用农作物秸秆类粗饲料营养价值及瘤胃降解特性[J].中国畜牧杂志,2017,53(9):69-74.
- [10] 李占丽,马飞,胡美美,等.柠条不同生长期营养价值的研究[J].中国饲料,2021(15):121-123.
- [11] 李浩霞,温学飞,王东清.生长季平茬对柠条可食部分生物量及营养价值的影响[J].宁夏农林科技,2020,61(8):9-14.
- [12] 张继,马君义,姚健,等.黑沙蒿资源的综合开发利用研究[J].中国野生植物资源,2003(1):27-29.
- [13] 刘瑞香,孙启忠,包娜.油蒿的可青贮性研究[J].草地学报,2011,19(2):264-268.
- [14] LIWEN H, WEI Z, CHENG W, et al. Effect of cellulase and Lactobacillus casei on ensiling characteristics, chemical composition, antioxidant activity, and digestibility of mulberry leaf silage[J]. Journal of Dairy Science, 2019, 102(11):9919-9931.
- [15] 王宁伟,黄先智,刘建勇,等.云南云岭牛桑叶营养价值的评价[J].草业科学,2019,36(9):2365-2373.
- [16] 崔梦迪,王军,陈丹,等.陕西4个主栽品种桑叶品质评价[J].食品工业科技,2022,43(3):275-283.
- [17] 于婷,高新磊,韩冰,等.苦马豆化学成分及应用研究进展[J].内蒙古农业科技,2010(4):93-95.
- [18] 洪汝兴,郭晚霞,朱学谦,等.香豆子——有应用前景的绿肥饲草资源[J].土壤肥料,1996(6):46-47.
- [19] 徐义新,张艳汤,宏从林.香豆粉的饲用价值[J].中国饲料,1999(12):25-26.
- [20] 张旭晖,吴元媛,汪贵斌,等.发酵元宝枫叶对育肥猪生产性能、肉品质和肠道菌群的影响[J].动物营养学报,2018,30(1):246-254.
- [21] 黄薇,常巍,余淑艳,等.16份无芒雀麦种质资源生产性能与营养品质的综合评价[J].草业科学,2021,38(11):2237-2246.
- [22] 畅宝花,张艳秋,翟书林,等.不同禾本科牧草在煤矿沉陷区的生长适应性与饲用价值比较[J].中国草地学报,2022,44(1):64-70.
- [23] 王吉东,周春元,吕佳颖,等.奶牛常用蛋白质饲料和粗饲料的瘤胃降解特性研究[J].动物营养学报,2022,34(2):1000-1013.
- [24] LUNSIN R, PILAJUN R, CHERDTHONG A, et al. Effects of high-quality oil palm frond pellets on nutrient digestion, rumen fermentation, and production performance of lactating dairy cows[J]. Applied Animal Science, 2021, 37(5):574-582.
- [25] HUO X, WUHA G. Rumen degradation characteristics of six types of common roughage in Khorchin beef cattle in Tongliao city[J]. Animal Husbandry and Feed Science, 2018, 10(3):201-205.
- [26] 王敬林,魏源浩,武小娇,等.大蒜不同部位副产物与奶牛常规粗饲料瘤胃降解特性对比研究[J].动物营养学报,2021,33(10):5708-5716.
- [27] DANIEL B, YEHOASHAV A B, YOAV S, et al. Nutritive value for high-yielding lactating cows of barley silage and hay as a substitute for wheat silage and hay in low-roughage diets[J]. Animal Feed Science and Technology, 2020, 265:114-149.
- [28] 黄帅,王荣斌,白玉恒,等.柠条营养动态分析及山羊瘤胃降解特性的研究[J].中国农学通报,2018,34(4):137-142.
- [29] 宋钰.谷氨酸渣对肉牛常见饲料瘤胃有效降解率和小肠消化率的影响[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2020.
- [30] 李雄雄,焦婷,赵生国,等.牛至精油与有机钴协同对青贮玉米秸秆降解及绵羊瘤胃发酵特性的影响[J].草业学报,2021,30(11):191-202.
- [31] 刘笑梅,郝小燕,张宏祥,等.4种粗饲料在肉羊瘤胃中降解特性的研究[J].中国畜牧杂志,2021,57(4):179-183.

- [32] WANG W X, YANG H J, BO Y K, et al. Nutrient composition, polyphenolic contents, and in situ protein degradation kinetics of leaves from three mulberry species [J]. *Livestock Science*, 2012, 146(2/3).
- [33] 姚荣成. 苦马豆的研究进展[J]. *药学实践杂志*, 2003(1): 43-44.

Degradation of Nutrients of 8 Drought-tolerant Plants in the Rumen of Qinchuan Beef Cattle in Northwest China

GU Zhu-rong¹, ZAN Lin-sen^{1,2,3*}, ZHAO Chun-ping¹, MEI Chu-gang², ZHOU Ren-chao¹

(1. College of Animal Science and Technology, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. National Beef Cattle Improvement Center, Yangling, Shaanxi 712100; 3. Xihai Institute of High-end Beef Cattle Industry, Haiyuan, Ningxia 755220)

Abstract: [Objective] To study the rumen degradation characteristics of dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) in 8 plants. [Method] In this experiment, 8 drought-tolerant plants (Caragana korshinskii, Artemisia ordosica, Mulberry leaf, Sphaerophysa salsula, Lythrum salicaria, Fenugreek, Acer truncatum leaf, Bromus inermis) in Northwest China were collected, and four new strains of Qinchuan beef cattle with permanent rumen fistula were used. [Results] Conventional nutrient components: the CP contents order from small to large were Bromus inermis, Lythrum salicari, Artemisia ordosica, Acer truncatum leaf, Caragana korshinskii, Fenugreek, Mulberry leaf, Sphaerophysa salsula ($P < 0.05$); The NDF and ADF contents of Acer truncatum leaves and Artemisia ordosica were similar ($P > 0.05$), but there were significant differences among other plants ($P < 0.05$). The NDF contents order from small to large were Mulberry leaf, Sphaerophysa salsula, Fenugreek, Caragana korshinskii, Acer truncatum leaf, Artemisia ordosica, Lythrum salicari, Bromus inermis. And the ADF contents order were Sphaerophysa salsula, Mulberry leaf, Fenugreek, Caragana korshinskii, Artemisia ordosica, Acer truncatum leaf, Bromus inermis, Lythrum salicari. Rumen degradation characteristics: (1) The DM degradations of Mulberry leaf and Sphaerophysa salsula were significantly higher than other 6 plants ($P < 0.05$). The DM degradation of Bromus inermis for 48 h was only 29.56%, which was significantly lower than that of other plants ($P < 0.05$). (2) The ED value of CP from small to large were Bromus inermis, Acer truncatum leaf, Lythrum salicaria, Artemisia ordosica, Caragana korshinskii, Fenugreek, Mulberry leaf and Sphaerophysa salsula ($P < 0.05$). (3) The ED value of NDF from small to large were Bromus inermis, Acer truncatum leaf, Artemisia ordosica, Lythrum salicaria, Caragana korshinskii, Fenugreek, Sphaerophysa salsula, Mulberry leaf ($P < 0.05$). The ED value of ADF from small to large were Bromus inermis, Acer truncatum leaf, Artemisia ordosica, Lythrum salicaria, Sphaerophysa salsula, Fenugreek, Caragana korshinskii, Mulberry leaf. Among them, the ED values of ADF of Caragana korshinskii, Sphaerophysa salsula, Fenugreek, Artemisia ordosica and Acer truncatum leaf were similar ($P > 0.05$). [Conclusion] Mulberry leaf, Sphaerophysa salsula and Fenugreek had good feeding value and could be used as high-quality sources of unconventional forage for herbivorous livestock in Northwest China. Caragana korshinskii, Acer truncatum leaf, Artemisia ordosica, Lythrum salicaria, and Bromus inermis could be used for livestock breeding by silage and other methods.

Key words: Northwest China; unconventional feed; drought-tolerant plant; Qinchuan beef cattle; rumen degradation characteristics